

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogranje

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:
Prof.dr.sc Mladen Crneković

Josip Kos

Zagreb, (2009.)

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogranje

ZAVRŠNI RAD

Josip Kos

Zagreb, (2009.)

SAŽETAK RADA

U ovom radu je dan naglasak na programiranje robota za infracrvenim daljinomjerima. Prije samog programiranja potrebno je robota konstruirati što je i napisano ali ne detaljno.

Infracrveni daljinomjeri su se pokazali kao jako dobri za rješavanje problema kretanja mobilnih robota. Primjena može biti vrlo široka; od edukativnih robota, istraživačkih sve do industrijskih robota u velikim tvorničkim postrojenjima.

SADRŽAJ

Sadržaj.....	4
Popis slika.....	5
Izjava studenta.....	6
1. UVOD.....	7
1.1. Primjeri sličnih robota u na tržištu.....	8
1.1.1. Parallax Boe-Bot.....	8
1.1.2. Parallax SumoBot Robot.....	9
2. KONSTRUKCIJA.....	10
2.1. Sustav za pokretanje.....	10
2.1.1. Općenito o sustavima za pokretanje.....	10
2.1.2. Kretanje robota.....	12
2.1.3. Motori.....	13
2.1.4. Napajanje robota.....	14
2.1.5. LCD ekran.....	14
2.1.6. Komunikacija s robotom.....	15
2.2. Navođenje robota.....	15
2.2.1. Općenito o sustavima za navođenje.....	15
2.2.2. Navođenje robota.....	16
2.3. Upravljački sustav.....	16
2.3.1. Općenito o upravljačkim sustavima.....	16
2.3.2. Upravljački sustav robota.....	17
2.4. Opis rada robota.....	17
3. INFRACRVENI DALJINOMJERI.....	18
3.1. Specifikacije senzora.....	18
3.2. Kalibracija senzora.....	19
4. STRATEGIJE IZVRŠAVANJA ZADATKA.....	21
4.1. Prva strategija – “Izvuci se van”.....	21
4.1.1. Pseudokod.....	22
4.1.2. Primjer problema na zadanom poligonu.....	22
4.2. Druga strategija – “Zaobiđi zid”.....	23
5. PROGRAMIRANJE ROBOTA.....	24
5.1. Programska podrška.....	24
5.2. Rad isprogramiranog robota.....	25
5.3. Kod programa s komentarima.....	26
6. ISPLATIVOST PROJEKTA.....	32
7. ZAKLJUČAK.....	33
8. LITERATURA.....	34

POPIS SLIKA

- 1.1. Gotov Boe-Bot
- 1.2. Boe-Bot komplet
- 1.3. SumoBot tvrtke Parallax
- 2.1. 3D model robota
- 2.2. Kuglica – umjesto kotača
- 2.3. Pogonski kotači robota
- 2.4. Hub za spajanje motora sa kotačima
- 2.5. Pogonski motor GHM – 02 [1]
- 2.6. Releji [2]
- 2.7. Dimenzije motora
- 2.8. Baterija za napajanje motora
- 2.9. LCD ekran na robotu
- 2.10. Kabel za spajanje robota s računalom
- 2.11. 12 bitni A/D konverter
- 2.12. 8 - bitni mikrokontroler AT89C51ID2
- 3.1. Prikaz ovisnosti veličine kuta o udaljenosti objekta
- 3.2. Definicije pinova na senzoru GP2D12 [4]
- 3.3. Izlazna karakteristika senzora
- 3.4. Linearizirana karakteristika senzora
- 4.1. Poligon prvog zadatka
- 4.2. Poligon drugog zadatka
- 5.1. Sučelje programskog paketa μ Vision V3 3.80
- 5.2. Sučelje programskog paketa Flip 2.4.6.
- 5.3. Daljinski za upravljanje robota

Izjavljujem da sam rad radio samostalno, uz stručnu pomoć mentora.

Josip Kos

1. UVOD

Mobilni roboti su oni roboti koji imaju sposobnost kretanja u prostoru. To znači da imaju i sustave za pokretanje, prepoznavanje okoline i sustave za određivanje relativnog položaja u prostoru. Postoji mnogo različitih vrsta mobilnih robota, a razlikuju se po građi sustava za pokretanje, navođenje... Tako imamo mobilne robote pokretane kotačima, nogama, podvodne robote itd. Postoji i podjela na: autonomne mobilne robote i teleoperacijske mobilne robote. Autonomni mobilni roboti razlikuju se od teleoperacijskih mobilnih robota po razini sposobnosti samostalnog izvođenja zadatka. Radni zadaci mobilnih robota uvelike se razlikuju od radnih zadataka industrijskih robota. U početku njihova razvoja te razlike se nisu toliko uočavale, ali razvojem industrijske robotike, razvijali su se i mobilni roboti. Od pedesetih do sredine osamdesetih godina prošlog stoljeća, mobilna robotika se svrstavala u podskupinu industrijske robotike. Od sredine osamdesetih godina se mobilna robotika počinje izdvajati u samostalnu, prije svega znanstvenu disciplinu, koja se, za razliku od industrijske robotike, temelji na iskustvima bioloških istraživanja građe i ponašanja živih organizama. Svaki mobilni robot mora imati sustav za pokretanje, sustav za navođenje i upravljački sustav što će biti detaljno opisano u točki 2.

Prvi roboti slični ovom su se počeli masovno razvijati sredinom devedesetih. Masovnu proizvodnju manjih i jeftinijih robota (od 100 eura na više) za edukacijske svrhe danas proizvode tvrtke Parallax, Trossen Robotics i Lynxmotion. Financijski i pristupačnošću su praktički dostupni svakom domu s obzirom da se posljednjih godina jako razvila Web trgovina.

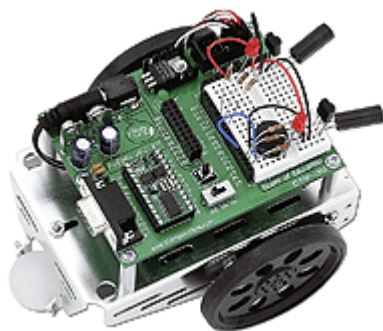
Rasprostranjenost i korištenje takvih robota, kao i industrijskih, najveće je u Japanu, SAD-u i Zapadnoj Europi. Razlog tome je siromaštvo, nerazvijenost industrije ali i loše predrasude ljudi o robotima i bojazni za posao. Takvo stanje je u Hrvatskoj budući da industrija nije modernizirana, a za kupovinu robota u edukacijske svrhe nema novca tako da se kod nas sve to slabo razvija.

Robot u ovom radu bio bi namjenjen čisto za edukacijske svrhe da se popularizira robotizacija u hrvatskoj, ponajviše radi industrije.

1.1. Primjeri sličnih robota u na tržištu

Za primjere sam izabrao robote tvrtke Parallax jer imaju najbolju podršku i dokumentaciju o svojim proizvodima.

1.1.1. Parallax Boe-Bot



Slika 1.1. Gotov Boe-Bot [12]



Slika 1.2. Boe-Bot komplet [12]

Robot na sebi ima foto otpornik kojeg se može isprogramirati da robot prati liniju; to se primjerice može primjeniti u velikim pogonima u kojima bi se trebalo prevoziti teretet s jednog mjesta na drugo. Foto otpornici se mogu koristiti tako da robot prati svjetlo pa nađe izlaz iz prostorije, labirinta ili nečeg sličnog. Dakle, funkcija Boe-Bota se temelji na foto-otporniku što je izrodilo ideju sljedećeg unapređenja mojeg robota.

Pogonski motori ovog robota su izrađeni od dotične tvrtke, ali radnog napona od 4 do 6 V te maksimalne brzine vrtnje od 50 okr/min.

Cijena ovakvog primjerka na tržištu je 160 \$ što je otprilike 800 HRK ovisno o tečaju.

1.1.2. Parallax SumoBot Robot



Slika. 1.3. SumoBot tvrtke Parallax [13]

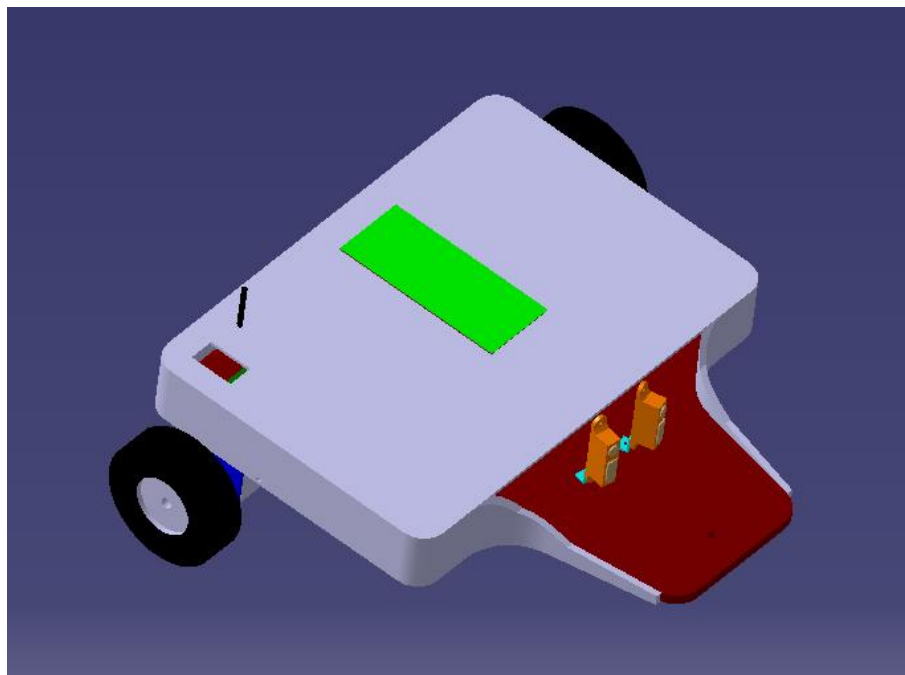
Sumo roboti su jedna od popularnijih vrsta robota na tržištu. Koriste se za zabavu i kao takvi zanimljivi su mlađoj populaciji. U svijetu ima dosta natjecanja upravo sa takvim robotima.

Njihov rad i orijentacija se kontroliraju upravo IR senzorima kakvi su na robotu koji se obrađuje u ovom radu. Pošto se sumo i slični roboti koriste isključivo za natjecanja, on pomoću IR senzora zna koliko mu je udaljen protivnik te kad je protivnik dovoljno blizu podigne ga svojom dizalicom na prednjoj strani i tako ga onesposobi za daljnju borbu.

Pogonski motori su isti kao i kod prethodnog primjerka.

Cijena ovakvog primjerka na tržištu je također 160 \$ što je otprilike 800 HRK ovisno o tečaju.

2. KONSTRUKCIJA ROBOTA



Slika 2.1. 3D model robota

Kao i svaki mobilni robot i ovaj ima sustav za pokretanje, sustav za navođenje te upravljački sustav. Slika 2.1. prikazuje 3D model robota te je potpuno opisana u pojedinim podnaslovima ispod. Osnovni dio konstrukcije je ploča na koju su pričvršćeni svi ostali dijelovi.

U ovom radu naglasak je na programiranju robota tako da konstrukcija neće biti detaljno opisana, tek onoliko opširno da bi čitatelj stekao dojam što se sve koristilo da bismo uopće došli do programiranja robota.

2.1. Sustav za pokretanje

2.1.1. Općenito o sustavima za pokretanje

Sustav za pokretanje robota ovisi o podlozi po kojoj želimo da se naš robot kreće. To sredstvo može biti: glatka površina, neravna površina, mokra površina, zrak ili vakum u svemiru (bestežinsko stanje).

Za zemaljske robote koji se kreću po glatkim površinama najbolje pogonsko sredstvo su kotači, koji se pokreću nekim elektromotorom. Takvi roboti obično imaju tri kotača od kojih su dva pogonska, a treći služi samo za stabilnost robota. Roboti koji imaju četiri ili više kotača, moraju imati drugačiji sustav za skretanje od ovoga gore navedenog. Takvi roboti obično imaju prednje ili zadnje kotače prilagođene okretanju oko svoje y osi, kao npr. na automobilu.

Roboti koji su namijenjeni kretanju po neravnim površinama koriste kotače, gusjenice ili noge. Kotači na takvim robotima moraju imati dobre sustave za amortizaciju, te sustave za skretanje prilagođene takvim uvjetima. Gusjenice su zasigurno bolji način kretanja po neravnim površinama, zato jer one ne moraju imati amortizaciju, a i sustav za skretanje (kao kod tenkova) im je vrlo efikasan na svim terenima.

Pošto su roboti prvotno zamišljeni kao mehanički ljudi, i oni se naravno moraju kretati nogama. Kod realizacije hoda robota na dvije noge dolazi do mnogobrojnih problema. Zato je bolje krenuti od početka i pogledati koji su živi organizmi prvi počeli hodati na nogama. Ti organizmi su bili člankonošci (rakovi, kukci...). Prvi od njih su bili rakovi, i oni su se kretali na šest nogu u vodi. Po tome se odmah može zaključiti da je hod na šest nogu najjednostavniji. Šest nogu je bitno zato da tijelo koje hoda može uvijek stabilno stajati na tri noge (kao tronožac), dok se druge tri noge pripremaju za novu poziciju, na koju će se tijelo pomaknuti. Tako je najjednostavnije napraviti robota koji će hodati. Takav robot će se moći uspješnije kretati po neravnim terenima, ali će biti i sporiji od ostalih vrsta robota, jer mu brzina ovisi o brzini pokretanja nogu. Kada pogledamo kukce, vidjeti ćemo da se oni kreću izuzetno brzo (za svoju veličinu), to je zato što se njihove noge sastoje od nekoliko članaka i više mišića. Tako i mi možemo imitirati takve noge, pa za pogon robota upotrijebiti umjetne mišiće. Umjetni mišići su neki materijali koji se pod utjecajem el.energije stežu, odnosno rastežu. Izrađuju se od "pametnih polimera", npr. polipiroli, ali oni su još uvijek u razvoju i još nisu ni blizu organskim mišićima.

2.1.2. Kretanje robota

Robot ima 2 pogonska kotača, a naprijed kuglicu (slika 2.2.) koja se pokazala kao bolje rješenje od kotača. Ona služi samo za stabilnost robota te je time omogućen vrlo jednostavan način skretanja i kretanja naprijed te unazad. Pogonske kotače pokreću dva istosmjerna motora koja su opisana u podpodnaslovu 2.1.3.



Slika 2.2. Kuglica – umjesto kotača [7]

Veličina pogonskih kotača je vrlo bitna; ako je promjer kotača premalen robot će biti sporiji dok kod većih će biti brži. Prednost manjih je bolja kontrola robota i preciznije navođenje, ali zbog njihove brzine robot će biti neiskoritiv i dosadan za ovo što je namijenjen.

Za ovaj robot su izabrani kotači promjera 6.985 cm da se koliko toliko neutraliziraju prednosti i nedostaci manjih i većih. Širina kotača je 1.905 cm, a mase 13.05 g. Motor se sa kotačima spaja preko huba na slici 2.3. Masa huba je 8.505 grama.



Slika 2.3. Pogonski kotači robota [10] Slika 2.4. Hub za spajanje motora sa kotačima [10]

Cijena kotača je 15.75 USD što je 77.49 HRK, a huba 8 USD što iznosi 40 HRK.

Kada se oba motora vrte u istom smjeru robot se kreće naprijed ili nazad, a ako se vrte različito robot skreće lijevo ili desno.

Treći kotač - kuglica koji služi za stabilnost robota je promjera 27.5 mm, ukupne visine cjelokupnog djela 51 mm. Montira se sa 4 vijka M2 na nosivu ploču.

Cijena komada je 5 USD što bi iznosilo 24 HRK.

2.1.3. Motori

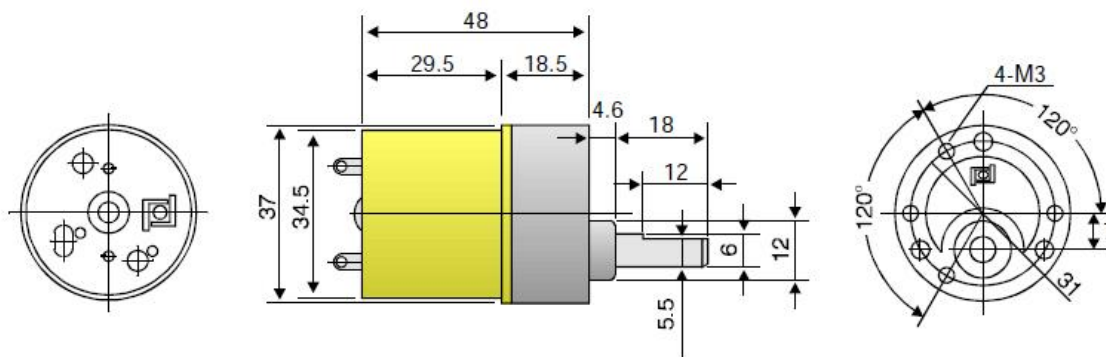


Slika 2.5. Pogonski motor GHM – 02 [1]



Slika 2.6. Releji [2]

Za pogonske motore su izabrani motori tvrtke Lynxmotion, model GHM-02. Motor radi pod naponom od 6-12V. Istosmjerni je motor sa reduktorom omjera 50:1 te brzinom od 120 o/min u praznom hodu dok je pod punim opterećenjem brzina motora 95 o/min. Motori se upravljaju relejima. Za svaki smjer kretanja je zadužen jedan relej tako da ih ukupno imamo četiri.



Slika 2.7. Dimenzije motora [1]

Cijena ovog motora na tržištu iznosi 21.95 USD što je 108 HRK po komadu ukupno 216 HRK.

2.1.4. Napajanje robota

Pogonske motore napaja NiMH 12 V baterija od 2300 mAh koja je smještena s donje strane ploče između motora [3]. Napravljena je od 10 AA baterijskih ćelija. Masa baterije je 300 grama i prikazana je na slici 2.8.

Cijena je 25 USD što iznosi 145 HRK.



Slika 2.8. Baterija za napajanje motora [9]

Upravljački sustav i LCD se napaja sa NiMH baterijom nazivnog napona 6 V i 2300 mAh koja se nalazi uz upravljačku ploču. Načinjena je od 5 AA baterijskih ćelija.

Cijena baterije je 16.95 USD odnosno 83 HRK.

2.1.5. LCD ekran



Slika 2.9. LCD ekran na robotu [11]

LCD ekran služi da se ispisuje udaljenost robota od prepreke i da ispisuje trenutno stanje robota. Ti podaci se mogu ispisivati u 4 redka sa po 20 znakova. Da bi ekran radio potreban je napon od 5V.

Za njega je potrebno izdvojiti 57 USD odnosno 280 HRK.

2.1.6. Komunikacija s robotom

Robot je spojen s računalom preko serijskog (RS232) porta. Upravljanje robotom se vrši preko daljinskog upravljača.



Slika 2.10. Kabel za spajanje robota s računalom [8]

2.2. Sustav za navođenje

2.2.1. Općenito o sustavima za navođenje

Najjednostavniji sustav za prepoznavanje okoline su ticala, tj. senzor opipa. On se realizira kao najobičnije tipkalo. Na gumb toga tipkala se može postaviti dodatna poluga, koja će, kada robot naiđe na neku prepreku zatvoriti sklopku i robot će prepoznati da je nešto ispred njega. Složeniji sustavi za navođenje mogu indicirati npr. svjetlost. Ako na robota spojimo fotoosjetljivi element, on će reagirati na svjetlost. To može poslužiti za indicaciju boje podloge, kao kod robota za praćenje crne ili bijele linije na suprotno obojenoj podlozi. Ako želimo iskoristiti svjetlost za indicaciju prepreka, onda se to može učiniti tako da imamo neki izvor svjetlosti, npr. IR diodu, koja odašilje infracrveni spektar svjetlosti. Pokraj te diode postavimo neki infracrveni prijamnik te kada infracrvena svjetlost pada na taj prijamnik, on će to indicirati. Kada robot naiđe na prepreku, infracrvena svjetlost će se

odbiti od te prepreke i prijamnik će ju registrirati. Ako na tu diodu šaljemo kratke impulse određene frekvencije moći ćemo, računanjem te poslane frekvencije infracrvene svjetlosti i primljene frekvencije dobiti i udaljenost robota od nekog predmeta. Isto kako smo se koristili svjetlošću možemo koristiti i zvučne valove. Njih možemo iskoristi kao sonar. Tako da šaljemo zvuk određene frekvencije, najčešće ultrazvuk i primanjem odbijenog zvuka. Računanjem kašnjenja tog primljenog zvuka može se također izračunati udaljenost robota od nekog predmeta i to na veće udaljenosti nego s infracrvenim senzorima. Ovaj način prepoznavanja prepreka je najbolje iskoristiv u vodi, jer se u njoj zvuk brže širi nego u zraku, a i bolje se širi nego svjetlost. Robot može imati i satelitski sustav za navođenje poput GPS-a. Najkompliciraniji sustav za navođenje je s kamerom. Današnje digitalne kamere mogu snimiti vrlo kvalitetnu sliku. Ta slika se može vrlo dobro obraditi i iz nje se mogu izvaditi slike predmeta i okoline oko robota. Robot koji ima ovakav način navođenje mora imati i moćan mikroprocesor koji će tu sliku obrađivati.

2.2.2. Navođenje robota

Sustav za navođenje ovog robota su dva infracrvena daljinomjera tvrke Sharp, model GP2D12 koji su detaljno opisani u poglavlju 3. Daljinomjeri su analogni te je potreban A/D konverter, u ovom slučaju je to 12 – bitni konverter tvrtke Linear Technology, model LTC1298.



Slika 2.11. 12 bitni A/D konverter

2.3. Upravljački sustav

2.3.1. Općenito o upravljačkim sustavima

Upravljački sustav je "glavni" dio robota. On je zapravo računalo i ima zadatak primiti signale iz sustava za navođenje i s obzirom na to kakve signale je dobio izvršiti odgovarajuću radnju. Jednostavan primjer je: ako se robot kreće ravno i naiđe na neku

prepreku, njegov senzor će poslati odgovarajući signal u upravljački sustav, upravljački sustav će prepoznati o kakvom signalu se radi i zaustaviti motore za pokretanje. Najjednostavniji upravljački sustav na robotu može biti mikrokontroler, jer su oni cijeovita računala. Imaju svoju memoriju i svoj procesor. Ako želimo što "pametnijeg" i sposobnijeg robota, moramo imati i bolji sustav za upravljanje. Tako sa složenosti pokretanja robota i njegovih osjetila raste i složenost upravljačkog sustava.

2.3.2. Upravljački sustav robota

Na upravljačkoj ploči kao mozak cijelog robota nalazi se 8 - bitni mikrokontroler AT89C51ID2. Programira se preko serijskog porta (RS232) te on upravlja robotom onako kako smo ga mi naučili programiranjem. Potrebno je napajanje od 5V.



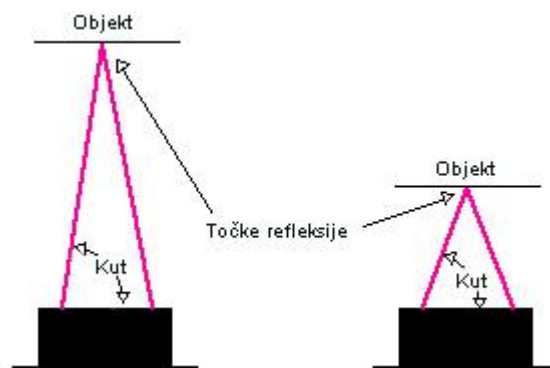
Slika 2.12. 8 - bitni mikrokontroler AT89C51ID2

2.4. Opis rada robota

Rad robota najviše ovisi o tome kakve informacije upravljački sustav prima sa daljinomjera. Npr. ako je robot došao preblizu objekta to znači da se ili mora okrenuti ili vratiti natrag odnosno na neki način zaobići prepreku. Sam tijekom rada robota, dakle, kreće od daljinomjera koji svakih pola sekunde šalju informacije o udaljenosti na upravljački sustav. Robot se kreće prema naprijed sve dok ne dođe preblizu, na ovom robotu to znači 15 cm. Kad robot dođe do te udaljenosti programiran je da stane i dalje ne ide. U poglavlju 4. je opisano što robot radi i kako se ponaša u takvim i sličnim situacijama. Robot se kreće brzinom od 0,21 m/s. Vrijeme potrebno da se okrene oko svoje osi je 3,8 s. To je zadovoljavajuća brzina za eksperimente kojima je robot namjenjen.

3. INFRACRVENI DALJINOMJERI

Na robotu su dva analogna daljinomjera tvrtke Sharp, model GP2D12. Područje rada daljinomjera je između 10 i 80 cm, a u ostalim slučajevima je nepouzdan. Rad daljinomjera je zasnovan na zračenju infracrvenog vala, prema naprijed u polje rada senzora. Kad val naiđe na objekt vraća se prema detektoru i time zatvara trokut: emiter-objekt-detektor. Ako nema objekta u polju rada val se nikad ne vraća i sensor javlja da ispred njega nema ništa. Udaljenost objekta od senzora se računa pomoću **CCD polja** kojem vraća analogni signal te ga je potrebno pretvoriti u digitalni i tu vrijednost na neki način pretvoriti u udaljenost. Izlazna karakteristika senzora je nelinearna ali pretvorba iz analognog u digitalni je vrlo jednostavna i brza na svim sučeljima.

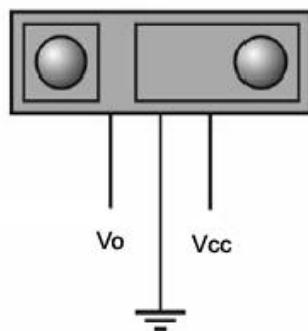


Slika 3.1. Prikaz ovisnosti veličine kuta o udaljenosti objekta [4]

3.1. Specifikacije senzora

Tablica 1.1. Specifikacije senzora [4]

Simbol	Veličina	Min.	Uobičajena vri.	Max.	Mjerne jedinice
V_{cc}	Napon napajanja	4.5	5.0	+5.5	V
T_{opr}	Radna temperatura	-10	-	+60	0C
T_{stg}	Standby temperatura	-40	-	+70	0C
ΔL	Područje mjerenja	10	-	80	cm
V_o	Izlazni napon	0.25	0.4	0.55	V
I_{cc}	Izlazna struja	-	33	55	mA
	Vrijeme osvježavanja	-	36	-	mS



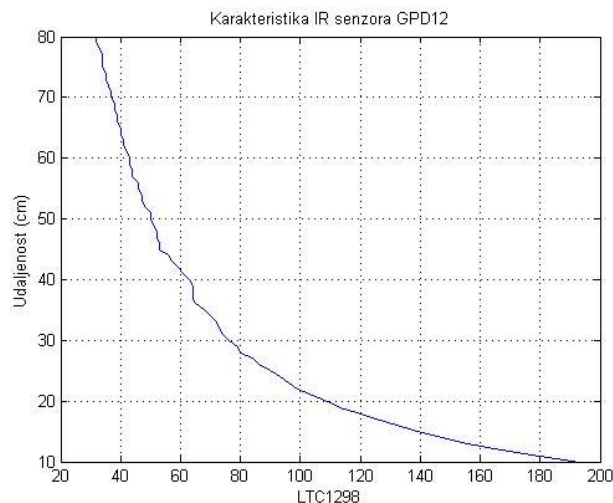
Slika 3.2. Definicije pinova na senzoru GP2D12 [4]

Slika 3.2. prikazuje daljinomjer sa oznakama definicije pinova, odnosno što treba u koji od priključaka uključiti. Dakle, prvi pin s lijeve strane je izlazni, tj. vraća napon preko kojeg se računa udaljenost; što je objekt bliže, napon je veći i obratno. Drugi pin je za uzemljenje, a treći je spojen na napajanje.

3.2. Kalibracija senzora

Senzor je kalibriran tako da sam mjerio vrijednosti od 10 do 80 cm na svaki centimetar. Kad sam dobio sve rezultate u Matlabu sam nacrtao funkciju udaljenosti o veličini sa daljinomjera koja je prikazana na slici 3.3. Zbog brzine rada i nemogućnosti dobivanja preciznosti u milimetar, karakteristiku daljinomjera sam linearizirao na 5 pravaca koju prikazuje slika 3.4. Iz slike 3.3. se vidi da problemi nastaju oko 30. centimetra i daljinomjer ne radi tako dobro kao što se očekivalo. Nakon približno 45. centimetra ovisnost udaljenosti o vrijednosti senzora se praktički i ponaša linearno.

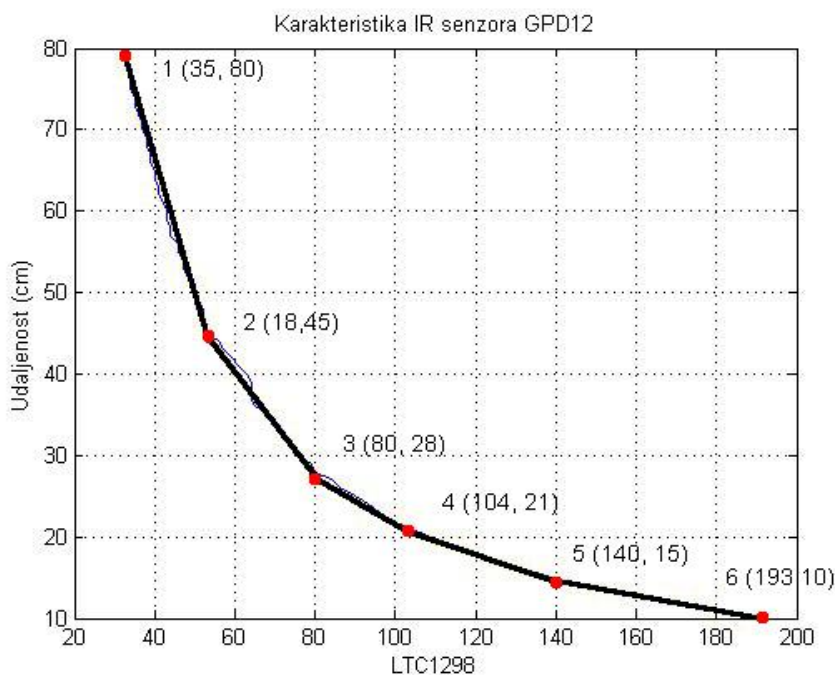
Pomoću 6 točaka koje određuju 5 pravaca linearizirane karakteristike kasnije u poglavlju 5 program automatski preko jednadžbe pravca računa udaljenost robota od prepreke.



Slika 3.3. Izlazna karakteristika senzora

gdje su:

$x_i = \text{LTC1298}$ - vrijednosti koje dobivamo sa daljinomjera te $y_i = f(x_i)$ je udaljenost proračunata za pojedinu linearnu funkciju segmenta karakteristike daljinomjera.



Slika 3.4. Linearizirana karakteristika senzora

4. STRATEGIJE IZVRŠAVANJA ZADATKA

Strategije izvršavanja zadataka napisane su u pseudokodu za programski jezik c.

4.1. Prva strategija – „Izvuci se van“

Prva strategija je zamišljena za slučaj da robot treba istraživati neki teren koji je nepristupačan ljudima i slati informacije korisniku na računalo. U ovoj prvoj strategiji će biti dan pseudokod za njegovo kretanje po tom prostoru.

4.1.1. Pseudokod

Prvo treba napisati podprogram kojim će se provjeravati koliko je robot udaljen od prepreke, a to će biti funkcija provjeri_udaljenost:

```

provjeri_udaljenost (vrijednost lijevog senzora, vrijednost desnog senzora ){
    provjeri kolika je udaljenost lijevog senzora;
    provjeri kolika je udaljenost desnog senzora;
    ako je udaljen 15 cm od objekta s lijeve ili desne strane {
        Ugasi motore
        Ispiši poruku da je udaljenost premala i da se ne može naprijed;
    }

```

Kad se dogodi takva situacija robot treba znati što učiniti te će to učiniti pozivajući funkciju kuda():

```

kuda(udaljenost lijevog senzora, udaljenost desnog senzora) {
    ako je s lijeve strane robot udaljeljniji od prepreke okreni se naljevo za 30 stupnjeva
    te odi ravno) ;
    inače okreni se nadesno za 30 stupnjeva i odi ravno;
}

```

Nakon zadanih osnovnih uvjeta kretanja treba napraviti glavni program kojim će robot krenuti u izvršavanje zadatka:

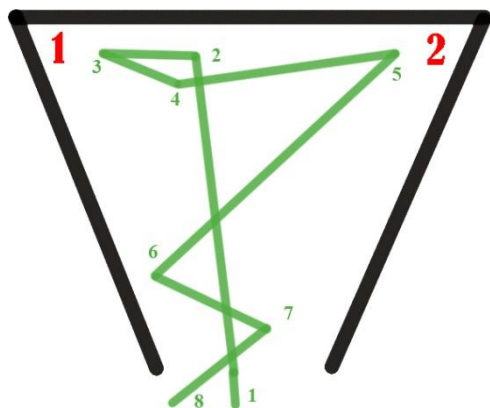
```

Main(){
    while (dok na daljinskom nije pritisnut stop){
        x=udaljenost lijevog senzora;
        y=udaljenost desnog senzora;
        provjeri_udaljenost(x,y);
    }
}

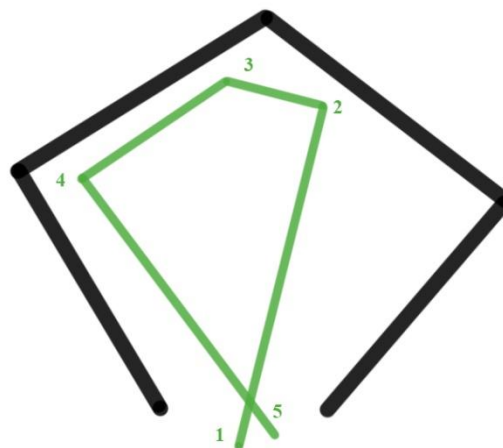
```

kreni prema naprijed;
kuda(x,y);}

4.1.2. Primjer problema na zadanom poligonu



Slika 4.1. Poligon prvog zadatka



Slika 4.2. Poligon drugog zadatka

Zadatak koji robot mora obaviti je vrlo jednostavan – izvući se van iz zadanog poligona. Najveći problem ovakvih poligona su kutevi 1 i 2 na slici 4.1. odnosno šiljasti kutevi. Taj problem je riješen na način da kad robot dođe u takvu ili sličnu situaciju vraća se unazad i okreće na stranu na kojoj je prepreka dalje od robota.

Na slikama 4.1. i 4.2. su prikazana dva poligona i kako je robot rješio te dvije situacije kretanjem redom kako pišu brojevi na slikama. Duljina stranica poligona je 120 cm.

Uz završni rad sam na CD-u priložio video snimke robota kako se kreće po zadanim poligonima sa slika 4.1. i 4.2. Za izlazak iz prvog mu je u ovo slučaju potrebno 23s. Na drugom poligonu (slika 4.2.) nema novih problema ali sam htio vidjeti kako će se robot snaći na većem poligonu sa više kuteva što je izrazito dobro rješio te izašao van za 18s. Taj primjer se također nalazi na CD-u.

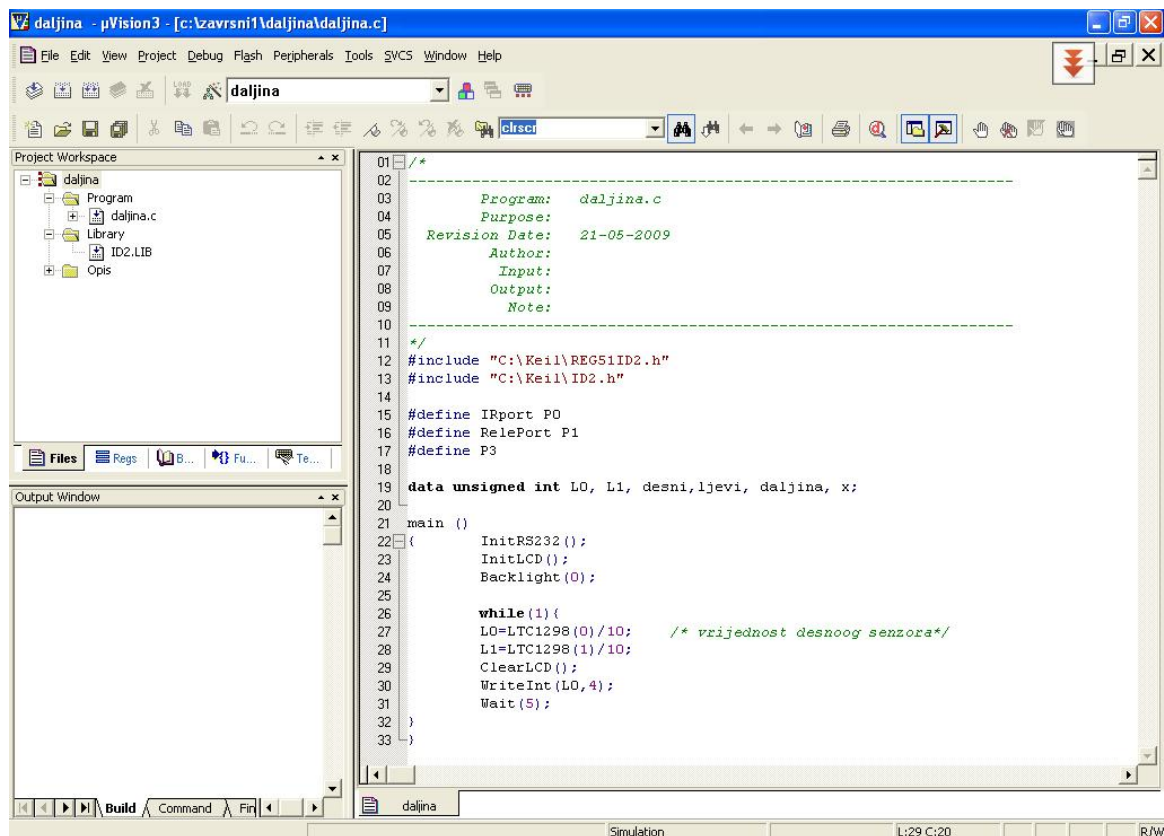
4.2. Druga Strategija – „Zaobiđi zid“

Druga strategija je zamišljena da robot zaobiđe zid na taj način da kad dođe blizu (na 15 cm) stane. Nakon toga se vrati unazad, okrene ulijevo za 30 stupnjeva pa udesno za 30 stupnjeva i vrati u početni položaj. Ako mu je nakon toga s obje strane zid, slučajnim odabirom se okrene za 90 stupnjeva ulijevo ili udesno te krene naprijed za 30 centimetara. Nakon toga se okrene udesno za 90 stupnjeva prema zidu i proba ravno. Ako ne može, proba još jednom naprijed za 30 centimetara uz zid te opet proba prema zidu. Ako ne prijeđe preko vrati se u položaj u kojem je bio kad je prvotno naišao na taj zid te proba isto to sa druge strane – lijeve ili desne. Ako ne uspije vraća se ponovo na lijevo i sad to ponavlja 4 puta s tim da kreće od 60. centimetra i tako sve dok ne zaobiđe prepreku – zid.

5. PROGRAMIRANJE ROBOTA

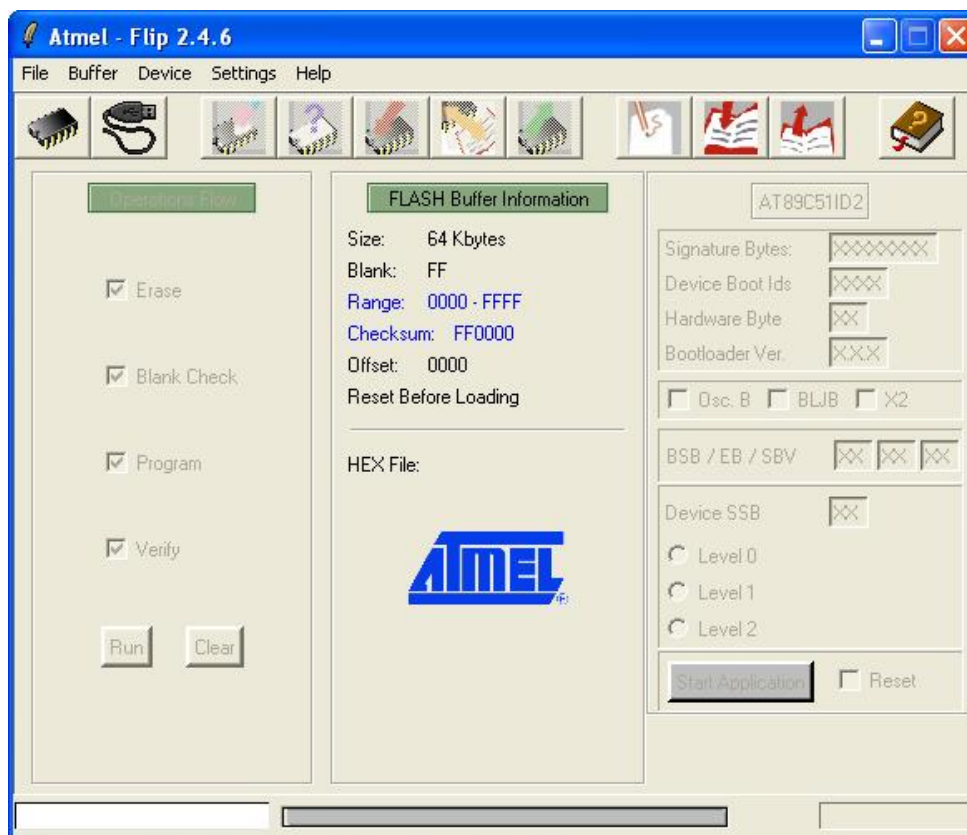
5.1. Programska podrška

Robot je programiran u programskom paketu μ Vision V3 3.80 razvijen od tvrtke Keil Software. Programski jezik je sličan programskom jeziku C. Slika 5.1. prikazuje sučelje spomenutog paketa.



Slika 5.1. Sučelje programskog paketa μ Vision V3 3.80

Program napisan μ Vision-u na mikrokontroler robota se memorira preko programskog paketa Flip 2.4.6. Navedeni paket je razvila tvrtka Atmel koja se bavi proizvodnjom mikrokontrolera. Slika 5.2. prikazuje sučelje programskog paketa Flip 2.4.6.



Slika 5.2. Sučelje programskog paketa Flip 2.4.6.

5.2. Rad isprogramiranog robota

Cijeli program se sastoji od osam podfunkcija i jedne glavne funkcije. Robot je isprogramiran tako da se pokreće daljinskim upravljačem kojeg prikazuje slika 5.3.

Tipke na daljinskom sa slike 5.3. redom znače:

- 2- odi naprijed
- 6 – skreni udesno
- 8 – odi unazad
- 4- odi uljevo
- 5 - pokreni samostalni rad robota te OFF – prekida samostalni rad robota te ga vraća u manualni.

U samostalnom načinu rada robot, radi prema algoritmu koji je opisan u poglavlju 4, prvoj strategiji.



Slika 5.3. Daljinski za upravljanje robota

Robota se može upravljati daljinskim upravljačem, na način da ga dovedemo gdje bismo željeli. Prilikom rada u manualnom modu robot se kreće dok je god pritisnuta izabrana tipka (2,4,6 ili 8), kada pustimo tipku prekida se rad i robot čeka sljedeću naredbu.

5.3. Kod programa sa komentarima

```
#include "C:\Keil\REG51ID2.h"
#include "C:\Keil\ID2.h"

#define IRport P0
#define RelePort P1
#define P3

data unsigned int L1,L0,x;  /*definiranje varijabli*/
int k,y, z, rez;
```

/* x - ulaz sa senzora, (x1,y1) i (x2,y2) tocke kojima je definiran pravac*/

int jedn_prav(int x, int x1, int x2, int y1, int y2){ /*vraca udaljenost u cm*/

long int k;

int l;

k=(y2-y1)*(x-x1);

l=(x2-x1);

rez=y1+(k/l); /* udaljenost za neku vrijednost x očitanu sa senzora*/

return rez;

}

int senzor (int x) { /*racuna udaljenost za svaki pojedini pravac na koji sam linearizirao

int r; /* karakteristiku senzora ovisno o tome u kojem se dijelu nalazimo*/

if (x>1500) { /*za vrijednost sa senzora veću od 180 ispisuje da je preblizu
ClearLCD(); što je približno 15 cm*/

r=80;

WriteString("Preblizu smo!");

}

if ((x>=140) && (x<=193)) { /* provjera dali je na području pravca 5*/

r=jedn_prav(x,140,193,15,10);

}

if ((x>=104) && (x<=140)) { /* provjera dali je na području pravca 4*/

r=jedn_prav(x,104,140,21,15);

}

if ((x>=80) && (x<=104)) { /* provjera dali je na području pravca 3*/

r=jedn_prav(x,80,104,28,21);

}

if ((x>=57) && (x<=80)) { /* provjera dali je na području pravca 2*/

r=jedn_prav(x,57,80,45,28);

}

if ((x>=33) && (x<=57)) { /* provjera dali je na području pravca 1*/

r=jedn_prav(x,33,57,80,45);

}

if (x<33) {

```

        ClearLCD();
        rez=10;
        WriteString("Predaleko smo!");
    }
    return r;
}

```

```

void pisem (int x,int y){                                     /*ispisuje udaljenost na LCD ekran za vrijednosti
    ClearLCD();                                              oba senzora*/
    WriteString("Lijevi: ");
    WriteInt(x,3);
    MoveCursor(2,5);
    WriteString("Desni: ");
    WriteInt(y,2);
    Wait(2);
}

```

```

void pisi_main (int x, int y){
    k=senzor(x);
    z=senzor(y);
    pisem(k,z); /*ispisuje vrijednost funkcije "senzor" za L0 i L1*/
}

```

/*prva podfunkcija isprogramiranog algoritma iz poglavlja 4, koja odlucuje kuda robot ide kad naide na prepreku*/

```

void kuda(int d, int l){
    if ((d>130) && (l>130)){ /*ako je prepreka s obje strane bliža od 15 cm*/
        RelePort=0x00;          /*nazad za 30 cm*/
        Delay(1000);
        RelePort=0x20;          /*ulijevo za 130 ° */
        Delay(600);
        RelePort=0xF0; }        /* stani*/
    if (d>l) RelePort=0x20;      /*provjera dali je prepreci robot bliže sa lijeve ili desne
                                strane, ako je s desne ide lijevo, a ako onda desno*/
}

```

```
else RelePort=0x80;
```

```
Delay(500);
```

```
RelePort=0xF0;          /*stani*/
```

```
}
```

```
/*funkcija koja provjerava gdje se robot nalazi i ako je preblizu zaustavlja ga kad je u samostalnom načinu rada*/
```

```
void sam_prov_dulj(int d, int g){
```

```
RelePort=0x05;
```

```
if ((d>140) || (g>140)){    /*preblizu znači 15 cm*/
```

```
RelePort=0x00;          /*ako je preblizu ova linija gasi motore*/
```

```
kuda(d,g); }
```

```
}
```

```
/* funkcija koja provjerava gdje se robot nalazi i ako je preblizu zaustavlja ga; u manualnom načinu rada*/
```

```
void prov_dulj(int d, int g){
```

```
d=LTC1298(0)/10;
```

```
g=LTC1298(1)/10;
```

```
if ((d>140) || (g>10)){
```

```
RelePort=0x00;
```

```
WriteString ("Preblizu smo!");
```

```
Delay (500);
```

```
}
```

```
}
```

```
/* funkcija koja se poziva pritiskom na srednji gumb daljinskog i robot kreće sam u rad prema algoritmu koji je opisan u poglavlju 4*/
```

```
void idem_sam ()
```

```
{ InitRS232();          /*inicijaliziraj serijski port*/
```

```
InitLCD();             /*inicijaliziraj LCD ekran*/
```

```
Delay(1000);
```

```
while(IRport==0xff){
```

```

x=IRport & 0x3f;
L0=LTC1298(0)/10;      /*očitava vrijednosti sa desnog senzora*/
L1=LTC1298(1)/10;      /*očitava vrijednosti sa ljevog senzora*/
sam_prov_dulj(L0,L1);   /*provjerava dali je preblizu*/
pisi_main(L0,L1);       /*ispisuje udaljenostna ekran u cm*/
if (x==14) RelePort=0x00; /*na pritisak tipke OFF prestaje sa radom*/
}
}

```

/*glavni program s kojim se upravlja robotm preko daljinskoga upravljača*/

```

main (){
    InitRS232();
    InitLCD();
    Backlight(0);
    WriteString("Spreman sam!");
    Delay(500);

    while (IRport==0xff);
    loop:ClearLCD();
        x=IRport & 0x3f;
        L0=LTC1298(0)/10;
        L1=LTC1298(1)/10;
        if (x==0x3f){ /**/
            RelePort=0x00;
            WriteString("Stojim!");
        }
        if (x==15){
            WriteString("Lijevo"); /*na pritisak tipke 4 odi lijevo*/
            RelePort=0x09;
            prov_dulj(L0,L1);
            pisi_main (L0,L1);

```

```
    }
    if (x==16){
        WriteString("Desno"); /*na pritisak tipke 2 odi desno*/
        RelePort=0x06;
        prov_dulj(L0,L1);
        pisi_main (L0,L1);
    }
    if (x==17){
        WriteString("Napred"); /*na pritisak tipke 1 odi ravno*/
        RelePort=0x05;
        prov_dulj(L0,L1);
        pisi_main (L0,L1);
    }
    if (x==18){
        WriteString("Nazad"); /*na pritisak tipke 3 odi unazad*/
        RelePort=0x0A;
        pisi_main (L0,L1);
    }
    if (x==19){
        WriteString("Sad idem sam!"); /*na pritisak tipke 5 robot poziva se
        idem_sam(); funkcija idem_sam te robot radi kao
        što je opisano u poglavlju 4*/
    }
    goto loop;
}
```

6. ISPLATIVOST PROJEKTA

Sve cijene u tablici niže su približne i ovise o tečaju HRK.

Tablica 8. Cijena stavki prototipa robota

Red.br.	Stavka	Količina	Cijena
1.	Pogonski kotači	2	26 HRK
2.	Hub za kotače	2	40 HRK
3.	Motori	2	216 HRK
4.	Sharp IR Senzori	2	90 HRK
5.	Mikrokontroler AT89C51ID2	1	50 HRK
6.	Sitne elektroničke komponente	-	300 HRK
7.	LCD ekran	1	280 HRK
8.	Razni vijci i spojni elementi	-	50 HRK
9.	A/D converter LTC1298	1	50 HRK
10.	Euro pločica dvoslojna 100x160mm foto premaz	1	25 HRK
11.	Prednji kotač		20 HRK
12.	Pleksiglas ploča za robota	1	30 HRK
13.	Usluge obrade ploče	-	100 HRK
14.	Baterija 12 V 2300 mAh	1	145 HRK
15.	Baterija 6 V 2300 mAh	1	80 HRK

Kao što je vidljivo, cijena prototipa dostiže 1502 HRK. Ako pretpostavimo da bi takav proizvod krenuo u serijsku proizvodnju, cijena proizvoda bi se spustila za nekih 20 posto. Taj pad cijene bio bi uvjetovan količinskim popustom pri kupnji velike serije djelova, manjim troškovima dostave i CNC obradom. Takvim pristupom, cijena jednog robota bila bi 1200.

7. ZAKLJUČAK

Infracrveni senzori su moćna stvar na području robotike. Prilikom programiranja robota uočio sam da nisu dosta razvijeni i kvalitetno napravljeni, te nisu pogodni za ozbiljnije radnje. Točnost ovog senzora je da mjeri udaljenost na 1 cm što i nije najbolje ako nekome treba jako precizan robot. Za primjenu ovog robota to su izvrsni senzori koji su opravdali očekivanja i cijenom i svojim radom.

Robot je funkcionalan i jako dobro radi s obzirom na cijenu, ali nakon što sam ga napravio uočio sam nedostatak senzora na zadnjoj strani robota. Kad ide unazad on ne može kontrolirati gdje je i koliko je udaljen od prepreke. Dakle, prvi korak unapređenja bio bi dodavanje senzora na stražnjoj strani.

Robota bi se isplatilo napraviti jer je robusniji i jači od ponuđenih na tržištu te se za manje novaca može dobiti bolji proizvod sa većom i nama potrebnom funkcionalnošću. To bi bio osnovni robot na kojeg bi se za prihvatljiva financijska ulaganja može ugraditi dosta raznih senzora, kamera, bežični prijenos i programiranje robota.

8. LITERATURA

1. Službena stranica tvrtke Lynxmotion;
<http://www.lynxmotion.com/Product.aspx?productID=94&CategoryID=11>,
15.06.2009.
2. <http://www.excesssolutions.com/cgi-bin/item/ES3768>, 16.06.2009.
3. Artikel na službenoj stranici proizvođača za baterije:
http://www.tenergybattery.com/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.product_details&flypage=shop.flypage&category_id=9&product_id=317&Itemid=1
01.07.2009.
4. Tehnički podaci o senzoru GP2D12:
http://www.parallax.com/detail.asp?product_id=605-00003 01.06.2009.
5. <http://www.trossenrobotics.com/store/p/5919-NiMH-Rechargeable-Battery-12v-2300mAh.aspx> 01.07.2009.
6. Crneković M.: Materijali za predavanja i vježbe iz mikroprocesorskog upravljanja, 2009. <http://karmela.fsb.hr/kontroleri/>
7. <http://www.pololu.com/catalog/product/956> 1.10.2009.
8. http://www.nexus-computers.co.uk/shop/images/USB_to_RS232_cable.jpg
01.07.2009
9. <http://www.tenergybattery.com/> 02.09.2009.
10. <http://www.lynxmotion.com/Product.aspx?productID=238&CategoryID=39>
15.09.2009.
11. <http://www.robotshop.ca/devantech-lcd03-i2c-serial-lcd.html> 01.10.2009.
12. <http://www.parallax.com/tabid/411/Default.aspx> 03.10.2009.
13. <http://www.parallax.com/Store/Robots/RollingRobots/tabid/128/CategoryID/3/List/0/SortField/0/Level/a/ProductID/316/Default.aspx> 03.10.2009.